

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-186120

(43) 公開日 平成10年(1998) 7月14日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 2 B 5/18
3/08

識別記号

F I

G 0 2 B 5/18
3/08

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平8-348052

(22) 出願日 平成8年(1996)12月26日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 杉田 充朗

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノ
ン株式会社内

(72) 発明者 溝内 聡

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノ
ン株式会社内

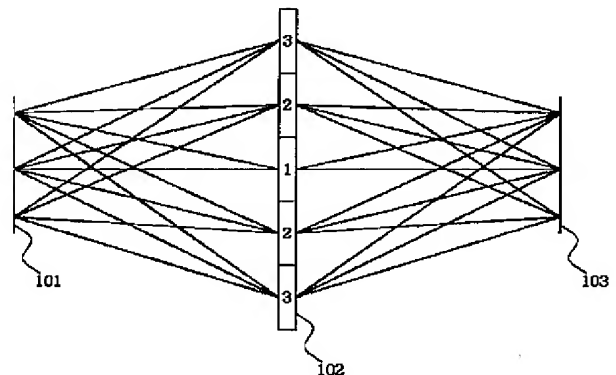
(74) 代理人 弁理士 丸島 健一

(54) 【発明の名称】 回折光学素子及びそれを有する光学系並びに光学機器

(57) 【要約】

【課題】 回折光学素子の周辺部における回折効率の低下を抑える。

【解決手段】 回折光学素子102が、第1の入射角で入射する光線に対する回折効率が最大となるような第1の領域1と、第1の入射角とは異なる第2の入射角で入射する光線に対する回折効率が最大となるような第2の領域2とを有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の入射角で入射する光線に対する回折効率が最大となるような第1の領域と、前記第1の入射角とは異なる第2の入射角で入射する光線に対する回折効率が最大となるような第2の領域とを有することを特徴とする回折光学素子。

【請求項2】 前記第1の入射角及び前記第2の入射角は、それぞれ前記第1の領域及び前記第2の領域に入射する光線の入射角に対する強度特性に基づいて決められることを特徴とする請求項1記載の回折光学素子。

【請求項3】 前記第1の入射角及び前記第2の入射角は、それぞれ前記第1の領域及び前記第2の領域に入射する光線のうち、強度が最大の光線の入射角であることを特徴とする請求項2記載の回折光学素子。

【請求項4】 前記第1の入射角及び前記第2の入射角は、それぞれ前記第1の領域及び前記第2の領域に入射する光線のうち、重心値の強度の光線の入射角であることを特徴とする請求項2記載の回折光学素子。

【請求項5】 前記第1の領域及び第2の領域は、同心円によって囲まれる領域であることを特徴とする請求項1乃至4記載の回折光学素子。

【請求項6】 表面レリーフ型回折光学素子であることを特徴とする請求項1乃至5記載の回折光学素子。

【請求項7】 矩形回折格子であることを特徴とする請求項6記載の回折光学素子。

【請求項8】 ブレーズド型回折格子であることを特徴とする請求項6記載の回折光学素子。

【請求項9】 ブレーズド形状を階段状に近似した回折格子であることを特徴とする請求項6記載の回折光学素子。

【請求項10】 請求項1乃至9いずれか1項記載の回折光学素子を有することを特徴とする光学系。

【請求項11】 請求項1乃至9いずれか1項記載の回折光学素子を有することを特徴とする光学機器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】本発明は回折光学素子に関し、特に画角の大きい光学系に好適に用いられる回折光学素子及びそれを用いた光学系並びに光学機器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、リソグラフィ技術の進歩によって回折光学素子の製法が確立され、回折光学素子を利用した様々な光学系が提案されている。

【0003】回折光学素子は光の屈折現象を利用した回折光学素子とは異なり、主に光の回折現象を利用している。このため、屈折光学素子には無い光学特性を持っているが、そのうちの1つが回折効率の入射角度依存性である。

【0004】回折効率とは、入射した光束の強度に対す

る、所定の回折方向に回折される光の相対強度である。一般の回折光学素子の回折効率は、入射角度の違いによって、例えば、図11のような傾向を示すことが知られている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】回折光学素子の結像系への応用に際して、従来は点对点の結像で用いられることが多かった。この場合、回折光学素子の格子ピッチは、各光線の回折光学素子への入射角度、回折光の出射角度、入射光線の波長の3要素から求めるのに対し、回折効率の最適化は、一般に主光線の入射角度のみを用いてなされてきた。即ち、回転対称な光学系に関しては、入射角度が光軸に対して0度として回折効率の最適化を図っていた。

【0006】しかしながら、図12の模式図に示すように、高NA（開口数）の光学系においては主光線と周縁光線の回折光学素子への入射角度の差が大きくなるため、上述した回折効率の入射角度依存性の影響を強く受けてしまう。

【0007】さらに図13の模式図に示すように、有限の大きさの物体の結像系へ回折光学素子を用いた場合には、点对点の結像の場合と異なり、各入射位置に関して物体高に応じた複数の光線が入射することになる。これらの光線はそれぞれ異なった入射角度で回折光学素子に入射しており、その角度は一般に0度ではなく、また、平均値も一般に0度ではない。

【0008】このように図12や図13に示したような、一般的な視野及びNAを持つ光学系中で回折光学素子を使用する場合、入射角度が0度でない入射光線に関しては、回折効率の入射角度依存性の影響を受けて回折光の強度が低下してしまう。したがって、光学系中の光線強度およびその相対的なバランスが変化するため、照度低下や照度むら、ひいては結像性能が劣化するという問題が生じていた。更に、光学系内に複数の回折光学素子を用いた場合には、回折効率低下の影響が累乗則に従うことから、光学系全体での問題はより一層顕著となっていた。

【0009】本発明は、広視野、高NAの光学系に用いても、回折効率の低下を極力抑えることのできる回折光学素子を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の回折光学素子は、第1の入射角で入射する光線に対する回折効率が最大となるような第1の領域と、第1の入射角とは異なる第2の入射角で入射する光線に対する回折効率が最大となるような第2の領域とを有することを特徴としている。

【0011】第1の入射角及び第2の入射角は、それぞれ第1の領域及び第2の領域に入射する光線の入射角に対する強度特性に基づいて決めることが、本発明の目的

を達成する上で好ましい。

【0012】また、第1の入射角及び第2の入射角は、それぞれ第1の領域及び第2の領域に入射する光線のうち、強度が最大の光線の入射角である場合や、分布の重心値の強度の光線の入射角である場合等が考えられる。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明の回折光学素子の設計および作成に関しては、まず、回折光学素子に対する位置毎の入射角度の代表値を算出する。以下にその方法について説明する。

【0014】(1) 本発明の回折光学素子を図12に示したような点对点の結像に用いる場合

物点からの光線は回折光学素子上のある特定の入射点に、ある特定の入射角度をもって入射する。点对点の結像の場合には回折光学素子上のある1点に入射する光線の角度は唯1つであり、この角度を代表値とする。これを光線追跡等の計算手法を用いて求める。

【0015】(2) 本発明の回折光学素子を有限の大きさの物体の結像に用いる場合

回折光学素子上のある入射点には、複数の光線がそれぞれ異なった入射角度で入射する。これら複数の光線の入射角度を光線追跡等の手法を用いて求め、角度毎のヒストグラムを作成する。これは即ち入射強度の角度依存性である。次に、この角度依存性の所謂分布関数を統計処理することによって、回折光学素子の位置毎に最適な入射角度の代表値を算出する。統計処理の具体的な計算方法としては入射強度が最大となる入射角度を代表値とする方法や、分布関数の n 次モーメントを利用する方法、例えば1次のモーメント即ち重心値等を用いる方法等がある。

【0016】次に、回折光学素子上の入射位置それぞれにおいて、入射角度の代表値に対して回折効率が最も大きくなるように最適化を行う。最適化の実現方法としては、回折光学素子が、表面レリーフ型回折格子の場合、表面レリーフ形状の深さ調整等の公知の方法が用いられる。特に、位相型矩形格子の場合は、溝深さ調整、デューティー調整等を用いる。

【0017】回折効率の最適化に際し、光線の入射位置に対して、連続的に最適化することも、離散的に最適化することも可能である。

【0018】連続的に最適化する例としては、屈折率分布型の材質を用いた位相回折格子において屈折率分布を調整する方法等がある。一方離散的に最適化する場合は、回折光学素子の光入射面を n 分割し、入射強度の入射角度依存性をそれぞれ n 個のサブ領域で算出し、それぞれ n 個の入射角度代表値を用いて回折効率の最適化を行うことができる。サブ領域内の代表値の決定方法も前述の統計処理と同様に行うことができる。

【0019】

【実施例】以下、本発明の一実施例につき図面を参照し

て説明する。

【0020】図1は本発明を実施した一例についてその構成を示す図である。図中、1～3は後述する分割領域を表す番号、101は物体面、102は結像作用をもつ回折光学素子、103は像面である。

【0021】図2は図1の結像光学系において、回折光学素子102の入射面を3つの領域に分割した様子を示す図である。 $n=1, 2, 3$ はそれぞれの領域番号を表しており、それぞれの領域の面積 S_n はこの場合、全面積 S に対して、 $S_1=S/9$ 、 $S_2=3S/9$ 、 $S_3=5S/9$ である。分割領域の分割数、形状に関しては本実施例以外にも、適宜多様な分割パターンより選択することができ、例えば図3のような分割パターンを用いることもできる。

【0022】図4は図2の各領域に入射する光線強度 I_n を入射角度に対する分布として表したものである。ここで入射角度は光軸に対する方位角 θ で表しており、図5に示すように収斂光が素子に入射するときを正とした。

【0023】図4に示されたそれぞれの領域 n に入射する光線強度の角度特性分布のそれぞれのピーク位置を θ_1 、 θ_2 、 θ_3 とする。本実施例ではこれらの角度の値を、それぞれの領域での代表値として回折光学素子の最適化を行った。なお、本実施例の代表値では θ_1 のみが0であり、他の2領域では有限の値を持っている。

【0024】入射角度の代表値は、本実施例で用いた強度のピーク位置だけでなく、重心値や所謂 n 次のモーメント等を適宜使用した統計的な代表値を用いることができる。

【0025】本実施例においては、この領域毎の代表値を用いて各領域の回折効率を最適化した。以下、この最適化の様子および効果を図6を用いて説明する。

【0026】図6(a)は図4と同じ各領域における入射光線強度の角度分布特性を示す図である。

【0027】図6(b)は、回折光学素子102の回折効率の入射角度依存性を示している。本実施例では、 S_1 、 S_2 、 S_3 それぞれの領域で、図6(a)の角度代表値 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 において回折効率が最大となるように最適化を行った。比較のために従来例を図中に破線で示した。従来例では領域に依らず、入射角度0、即ち光軸と平行な光線に対して、最大の回折効率を得られるように最適化されている。

【0028】図6(c)は本実施例および従来例における回折光学素子を通過後の光束の強度を示した図である。実線が本実施例における強度 I_n 、破線が従来例における強度 I'_n を示す。従来例では領域によって強度が低下しているのに対し、本実施例では領域による強度の低下は少ない。このことから本実施例では、結像光束の強度バランスが悪化せず、従来例に比べて結像性能が向上することがわかる。

10

20

30

40

50

【0029】全領域を考慮した光線強度 I は、 $I = \sum n I_n S_n$ で与えられ、同様に $I^\circ = \sum n I^\circ_n S_n$ で与えられる従来の光線強度に比べて明らかに大きく、光学系全体の光量損失も少ない。

【0030】次に本実施例において領域毎の入射角度の代表値で各領域の回折効率を最適化した方法について図を用いて説明する。

【0031】図7は本実施例で用いた回折光学素子102の断面の一部を表す図である。図中の回折光学素子において、領域1では入射角度代表値 θ_1 が0であり、他の領域2、3ではそれぞれ θ_2 、 θ_3 は有限の値を持つ。

【0032】本実施例ではこの互いに異なる入射角度の代表値を持つ領域に対して回折効率を最適化するために、それぞれの領域での回折格子の溝深さ h_1 、 h_2 、 h_3 を変え、光路長を調整している。最適化の手段は本実施例に限られるものではなく、表面レリーフ型回折格子のレリーフ形状を適宜調整してもよい。

【0033】また、図7ではバイレベルの位相型回折光学素子を示しているが、図8(a)に示すような断面形状を持つブレード型と呼ばれる回折光学素子や、ブレード型を階段状に量子化した図8(b)に示すようなその他の表面レリーフ型の回折光学素子にも本発明は適用できる。

【0034】次に本発明の回折光学素子を用いた光学機器について、図9、10を用いて説明する。

【0035】図9は、半導体デバイス等のデバイス製造用の露光装置の光学系の要部概略図である。図中、81は光源、82は照明光学系、83は投影光学系、Rはレチクル、Wはウエハである。本発明の回折光学素子は、照明光学系82や投影光学系83、その他不図示であるがアライメント光学系等の様々な箇所において使用することができる。

【0036】露光装置の投影光学系は、近年の半導体デバイスの高集積化に伴い、広画角化、高NA化、高精度化が同時に望まれており、高精度化を妨げる要因の一部である像面照度むらに対する要求は厳しく、一般に2%以下が求められている。

【0037】本発明の回折光学素子は、図6(c)に示したように全ての領域において透過光線(回折光)の強度を均一にすることができるので、上述のように高精度化が望まれている投影光学系に対しても好適に使用することができる。

【0038】また、特に最近の露光装置では、エキシマレーザ等の挟帯域化した紫外光を発する光源を利用している。回折光学素子は所定波長の入射光線に対して回折効率を最適化しているので、所定波長以外の入射光線では回折効率が低下することになる。したがって、単波長

の光を利用する露光装置に対して、本発明の回折光学素子を用いれば、本発明の効果がより顕著に表れる。

【0039】図10は本発明の一眼レフレックスカメラの光学系の要部概略図である。図中、91は撮影光学系、92はファインダー光学系である。本発明の回折光学素子は、このようなカメラの光学系に対しても適用することができ、従来のカメラに比べて良好な光学性能を得ることができる。

【0040】なお、本発明の回折光学素子を利用した光学機器はこれらに限定されるものではなく、発明の要旨を逸脱しなければ、その他様々な光学系、光学機器に対して応用でき、良好な光学性能を得ることができる。

【0041】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の回折光学素子によれば、広視野、高NAの光学系に用いても、回折効率の低下を極力抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例の構成を示した図である。

【図2】実施例の回折光学素子の入射面の分割領域を示す図である。

【図3】分割領域のその他の例を示す図である。

【図4】回折光学素子における入射光線の強度の角度特性分布を表す図である。

【図5】入射角度の符号を示す図である。

【図6】回折効率の最適化による効果を示した図である。

【図7】実施例の回折光学素子の断面構造の一部を示した拡大図である。

【図8】その他の回折光学素子の断面構造の一部を示した拡大図である。

【図9】本発明の回折光学素子を有した露光装置の光学系の要部概略図である。

【図10】本発明の回折光学素子を有した一眼レフレックスカメラの光学系の要部概略図である。

【図11】回折効率の入射角度依存性を示した図である。

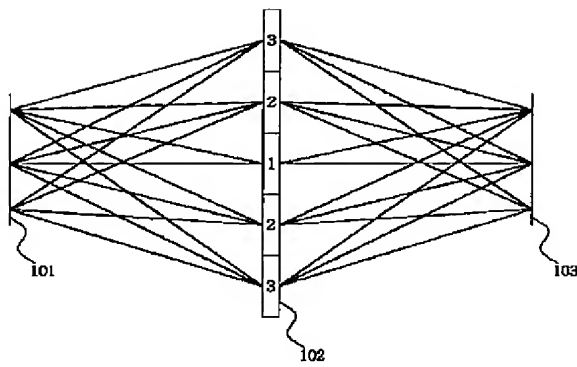
【図12】点对点の結像系において回折光学素子への入射角度を示す例図である。

【図13】物体の大きさが有限の結像系において回折光学素子への入射角度を示す例図である。

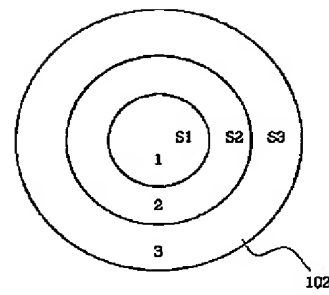
【符号の説明】

- 1 分割領域
- 2 分割領域
- 3 分割領域
- 101 物体面
- 102 回折光学素子
- 103 像面

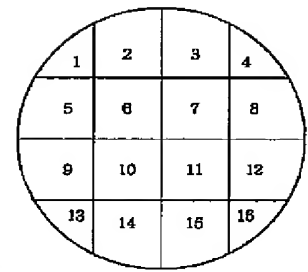
【図1】



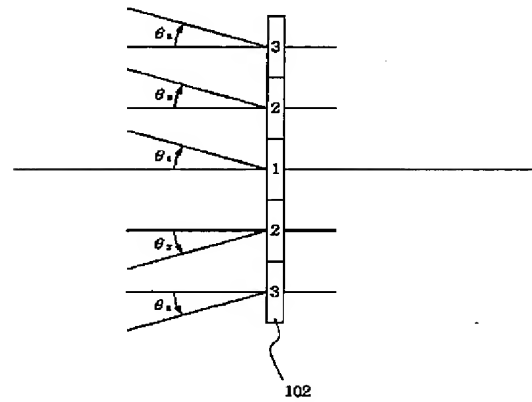
【図2】



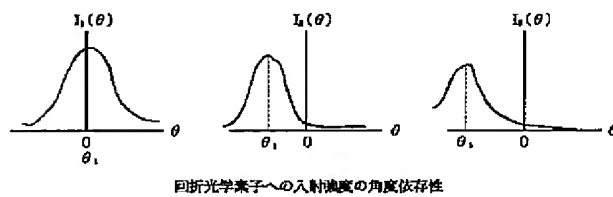
【図3】



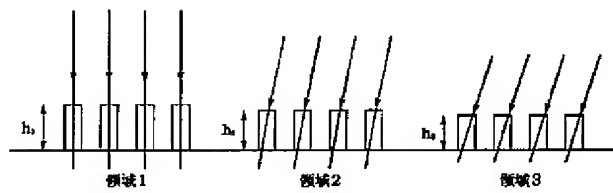
【図5】



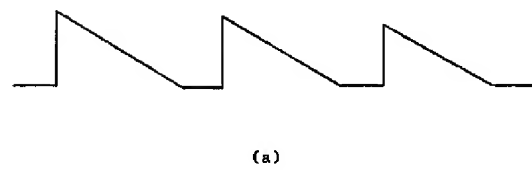
【図4】



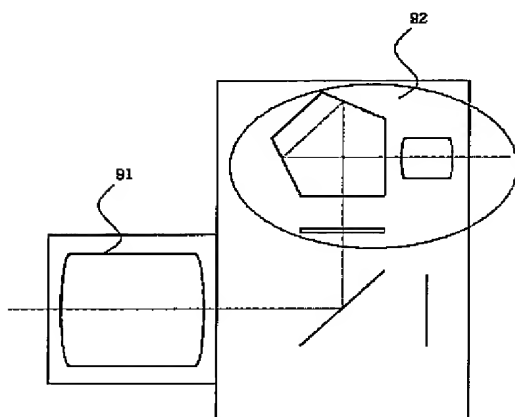
【図7】



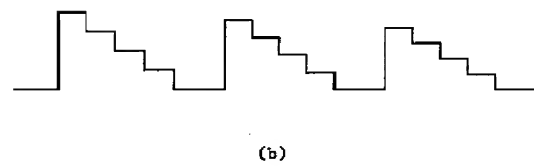
【図8】



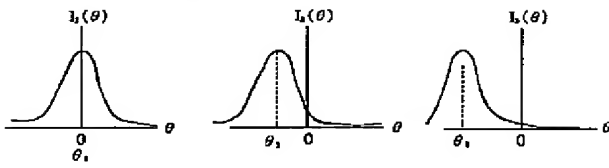
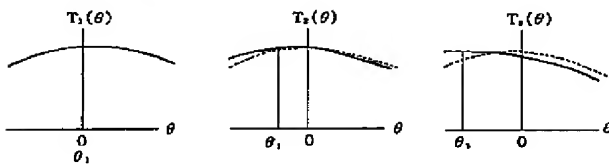
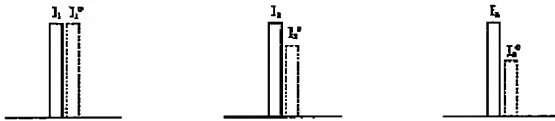
【図10】



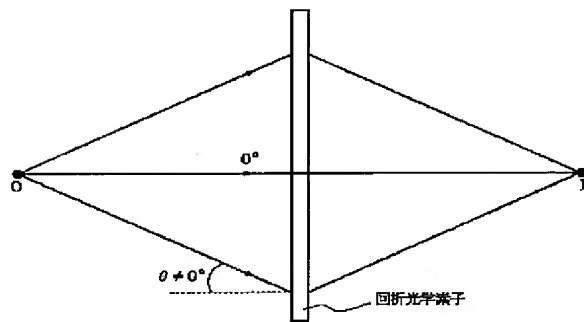
(b)



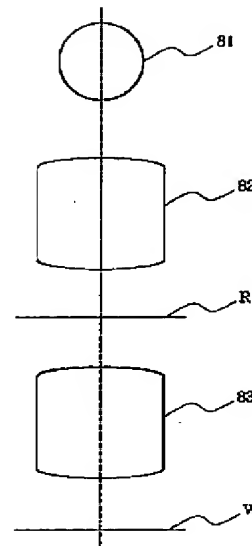
【図6】

(a) $I_i(\theta)$ (入射強度の角度依存性)(b) $T_s(\theta)$ (回折効率の角度依存性)(c) $L = \int I_i(\theta) T_s(\theta) d\theta$ (強度)

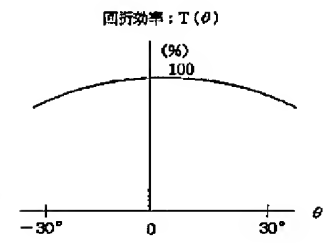
【図12】



【図9】



【図11】



回折効率の角度依存性

【図13】

